

Vraag:

Wij bewonen een huis, ontworpen door Gerrit Rietveld; het huis is gemeentelijk monument. Onze gasrekening voor verwarming is meer dan 3x zo hoog als 'normaal' voor een vrijstaande woning. Wat is er voor ons soort pand mogelijk op verduurzamingsgebied?

Antwoord:

'Hoe groter de architect, hoe harder het lekt'. Zou deze oude wijsheid uit de bouwpraktijk misschien ook warmtetechnisch gelden?

Wij onderzochten een aantal vrijstaande Rietveldhuizen en adviseerden over energetische verbetering. De architectuur van de panden, die merendeels van na de oorlog dateerden, maakt inderdaad dat de beginsituatie in warmtetechnisch opzicht ronduit zwak is. De lichte en ranke structuur van de gevels, het grote glasoppervlak, de platte daken en de bewust minimalistisch gekozen detaillering en uitvoering zorgen voor forse energieverliezen in het stookseizoen, met de genoemde hoge verwarmingskosten als gevolg. Tegelijkertijd blijken er toch ook best mogelijkheden te zijn voor verbeterde energie-efficiëntie. Goede gebouwopname – inclusief cultuurwaardenstelling en thermografie! – en op het gebouwtype toegesneden verduurzaming volgens de 'Trias Energetica' aanpak wijzen hier de weg.

Bouwkundige eigenaardigheden van het woningtype

De architectuur van veel van zijn woningen volgt geheel de ontwerpprincipes van het Nieuwe Bouwen die Rietveld (1888 – 1964) vasthoudend volgde. Sobere doelmatigheid en 'form follows function' vormden het functionalistisch motto. Opmerkelijk is dat 'gezelligheid' en schilderachtigheid in het woonhuis voor Rietveld geen ontwerpfactor vormden, maar als 'voorzide' werden afgewezen. Het ging om het spel met en gebruik van daglicht, het zicht op de omgeving en de praktische en intelligente schakeling van ruimten en functies daarin. Veel glas in de gevels was hiervan het gevolg en dat bepaalt in belangrijke mate het thermisch gedrag van de bouwtrant.



Links Huis Van Daalen te Bergeijk uit 1959, rechts Huis Bosschaert in Laren NH uit 1963-'67. Veel van de nu als monument geregistreerde Rietveldhuizen dateren uit de tussenliggende periode. Foto's Internet en © ejn

Rietveld bleef in al zijn werk als architect ook steeds de meubelmaker die hij van oudsher was. Kenmerkend daarin is zijn oog voor en bemoeienis met de kleinste interieur- en afwerkingsdetails. In de uitvoeringsfase nam hij vaak even het gereedschap van de ambachtsman ter hand om te laten zien hoe hij een onderdeel of detail gemaakt wilde zien. De architectonische betekenis en de functionele kwaliteiten van Rietveld's huizen staat buiten kijf. De ook wel als vormwillig te kwalificeren uitvoering en detaillering, waarin hij streefde naar minimale maatvoering en versimpeling, maakt dat in termen van wooncomfort en energie-efficiëntie zijn gebouwen naar de huidige maatstaven nogal achterblijven, ook in vergelijking met ouder gebouwd erfgoed. Een overzicht van het gasgebruik voor verwarming

bij onderzochte Rietveldhuizen in vergelijking met een aantal meer traditionele woonhuismonumenten laat dat zien.

monumentale woonhuizen		gasgebruik per m ³ gebouwinhoud
soort woonhuismonument	jaarlijks energiegebruik in m ³ gas / m ³ gebouw	opmerking
Rietveldhuis te Santpoort	6,4	in oude staat; niet verduurzaamd
Rietveldhuis te Wassenaar	5,5	alleen dubbelglas en kierdichting
Hofjescomplex Alkmaar (2x)	4,7	deel v. vensters verduurzaamd
Rietveldhuis te Laren	4,3	na restauratie en verduurzaming
Grachtenpand Utrecht	4	deel v. vensters verduurzaamd
Standaard woonhuismon. 600 m³	3,3	norm-monument onverduurzaamd

Vergelijkend overzicht van het jaarverbruik van aardgas voor verwarming per kuub gebouwinhoud. De Rietveldhuizen zijn in rood veld weergegeven. We zien dat het niet-verduurzaamde 'standaard' woonhuismonument, zoals opgevoerd in de ERM-waaier 'Uw monument energiezuinig' – waaierblad 14 – beter scoort, zelfs in vergelijking met het vakkundige gerestaureerde en verduurzaamde Rietveldhuis. © ejn

Trias Energetica

Inefficiënt energetisch gedrag wordt in woonhuissituaties steeds veroorzaakt door enerzijds de gebrekkige isolerende kwaliteit van de gebouwschil (beganegrondvloeren, blinde geveldelen, vensters en buitendeuren en dakzone) anderzijds doordat opwekking en afgifte van comfortwarmte niet optimaal verloopt.

Bovendien gebeurt de opwekking van warmte vaak met brandstoffen die CO₂-uitstoot veroorzaken, zoals gas of stookolie. Verbetering of verduurzaming moet dus gezocht worden in de drie sectoren die zoals gebruikelijk worden aangeduid met de Trias Energetica (zie schema hiernaast). Het gaat dan om gebouwschilverbetering ter vermindering van de energievraag, verhoogde efficiëntie van installaties en duurzame energieopwekking. Voor wat betreft het derde element – duurzame opwekking – zijn er bij vrijstaande huizen soms bijzondere extra mogelijkheden voor energie-opwekking of -opslag op het eigen erf.

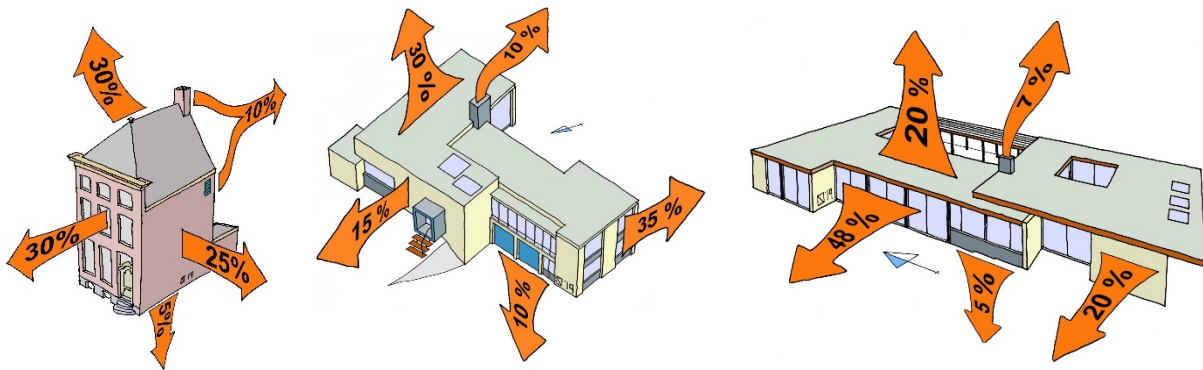


We bespreken hierna kort de waarnemingen bij de verschillende onderdelen van de gebouwschil van enige Rietveldhuizen en geven verbeteropties. In een volgende bijdrage richten wij ons op efficiëntieverbetering van de verwarmingssystemen en duurzame opwekking en energieopslag bij dit type huizen.

Verdeling van de energieverliezen

Het specifieke karakter van de Rietveldhuizen met hun verhoudingsgewijs enorme glasvlakken, dunne 2x halfsteens spouwmuren, in de muren opgenomen stalen draagconstructiedelen en hemelwaterafvoeren, ongeïsoleerde beton- of vormsteenvloeren met dunne vloerafwerking en eveneens niet geïsoleerde platte daken levert uitzonderlijke cijfers voor het energiegebruik en –verlies op; het staatje bovenaan de bladzijde toont dat. De verdeling van de energieverliezen over de gebouwschildelen is daarbij eveneens afwijkend van hetgeen we bij het meer klassieke woonhuismonument zien.

Met de beelden hierna laten wij alvast de gemiddeld geconstateerde verschillen op dit punt zien tussen het klassieke 'standaard-woonhuismonument', een onverduurzaamd en een verduurzaamd Rietveldhuis.

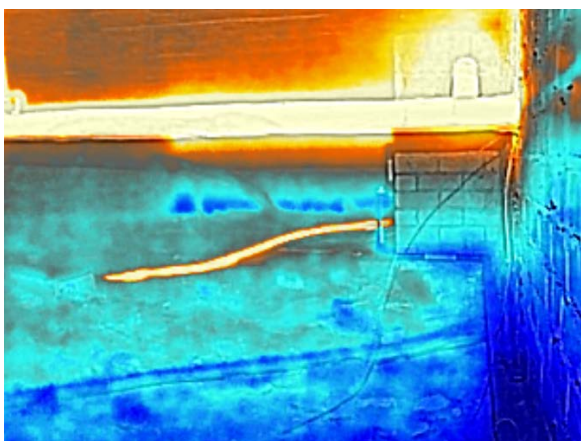


Van links naar rechts: energieverlies per gebouwschildeel bij een 'klassiek' woonhuismonument, bij een Rietveldhuis, beide onverduurzaamd en rechts een Rietveldhuis na grondige restauratie en verduurzaming. Opvallend is dat de restauratie en schilisolatie bij het rechter pand maakt dat de – in totaliteit natuurlijk flink beperkte – energieverliezen voor bijna de helft bij de beglaasde delen komen te liggen. De verklaring daarvoor volgt verderop. © ejn

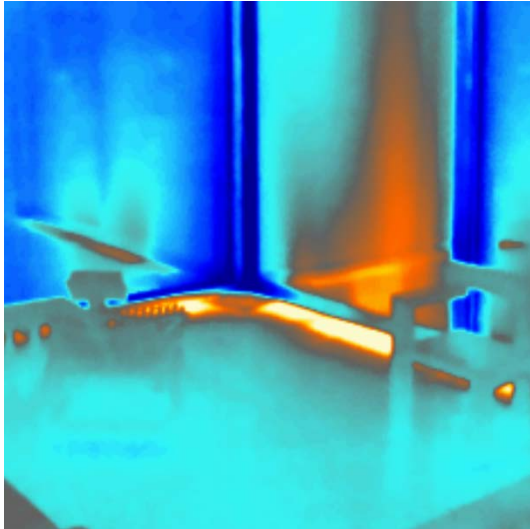
Als we de verschillende gebouwschildelen langslopen wordt duidelijk hoe de differentiatie van energieverliezen via de 'jas' van dit type huizen ontstaat en hoe verbetering is te bereiken.

Gebouwschil: beganegrondvloeren

Het gaat hier om die vloerdelen die een scheiding tussen verwarmde interieurs en ondergrond of niet-verwarmde ruimten vormen. Hoewel het energieverlies via vloeren normaliter niet erg groot is, doordat warmte van nature opstijgt, is er hier vaak sprake van warmtelekken richting de kruipruimten via de steenachtige, ongeïsoleerde vloeren die Rietveld toepaste. Vaak is er daarbij een hardhouten vloerafwerking (meestal Wengé). Het vloerpakket vertoont daardoor meer dan normaal energieverlies. Verder speelt er bij ongeïsoleerde vloeren wel steeds een comfort-punt. Met een warme vloer wordt in het interieur bij zo'n 2^o C lagere luchttemperatuur hetzelfde comfortgevoel bereikt als bij een koude vloer. Indirect zorgt tegengaan van warmteverlies via de vloer daarom ook voor goede energiebesparing. Doordat vaak in de kruipruimte de aanvoer- en verdeellicingen voor de centrale verwarming verlopen, die meestal niet of niet meer toereikend geïsoleerd zijn, vertekenen de warmtebeeldopnamen hier en lijkt er geen sprake van energieverlies, maar juiste beeldinterpretatie leert dat het tegendeel waar is!

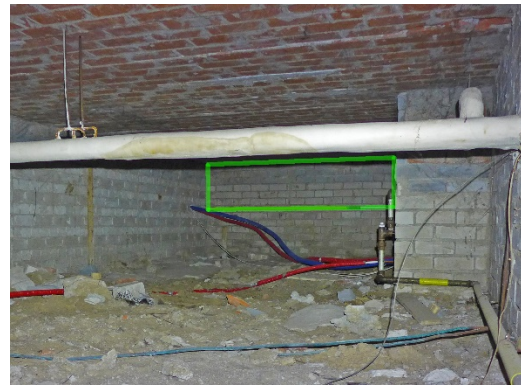
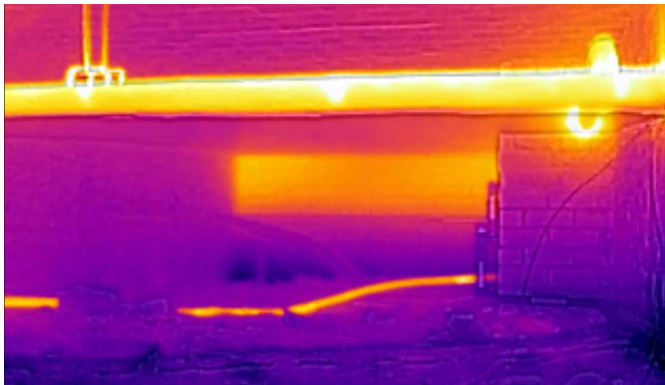


Vanuit de kruipruimte gezien toont deze ongeïsoleerde steenachtige beganegrondvloer niet als energetische verliespost. Maar schijn bedriegt: doordat warmte-lekkende leidingen van de CV de kruipruimte laten opwarmen, is de temperatuurgradiënt over de vloerdikte maar klein. Eigenlijk is hier per saldo sprake van een onbedoelde vorm van vloerverwarming met grote verliezen richting de bodem en rompmuren. © ejn



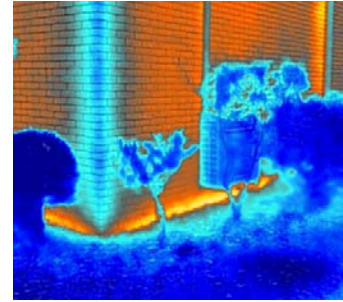
Dat de ongeïsoleerde, met Wengé-parket afgewerkte stenen vloer van de woonkamer, boven de kruipruimte niet als coldspot toont komt puur door de grote hoeveelheid warmte die in de kruipruimte wordt opgewekt door de niet en slecht geïsoleerde verdeellicingen van de CV en de ongeïsoleerde convectorputten. © ejn

Doordat Rietveld vaak in de vloervelden verzonken CV-convectoren langs de raamstroken toepaste, uitgevoerd als deel van de vloervelden zelf, met meestal gebrekkige isolatie van de convectorputten, is er op dat punt ook extra energieverlies.



Hier zijn vanuit de kruipruimte thermisch in beeld, van boven naar beneden: slecht isolerende gipsmantels om de CV-verdeellicingen, de niet-geïsoleerde convectorput, een los gelegde flexibele, slecht geïsoleerde leiding naar de convectoren in de woonkamer. In de rechter foto is met groen kader de plek van de convectorput aangegeven. Gelukkig zijn alle nu slecht of niet geïsoleerde elementen goed bereikbaar voor aanpak: onderkant beganegrondvloer, convectorput, leidingen. © ejn

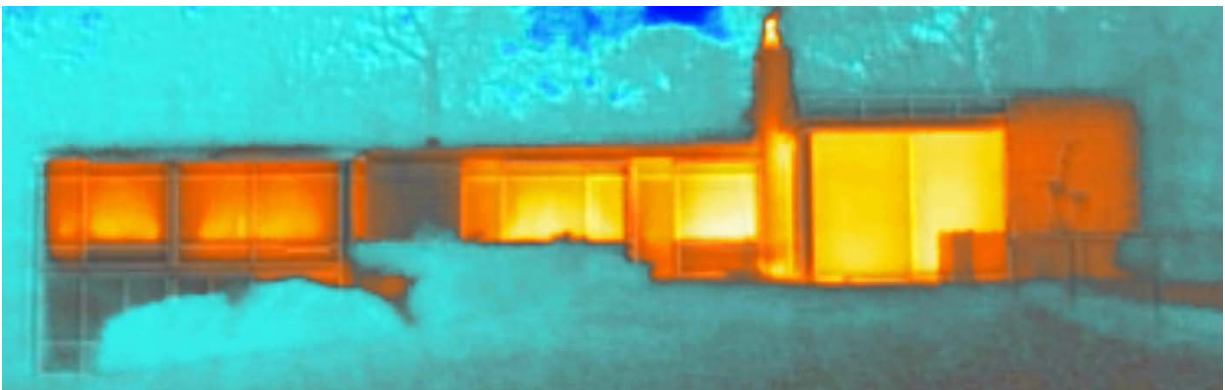
Afhankelijk van de mogelijkheden en noodzaak van aanpak van de vloervelden en convectorputten zijn er verschillende opties voor thermische verbetering. Meestal zijn de kruipruimten goed bereikbaar, waardoor na-isolatie van de onderzijde van de vloer en c-putten tamelijk eenvoudig uitvoerbaar is. De in de isolatiewereld bekende methoden zijn inzetbaar. Wanneer technische reversibiliteit geen doorslaggevend punt is, kan zelfs een opspuitisolatie in bepaalde gevallen goed voldoen. Het onder tegen of op spouw-afstand van de vloervelden plaatsen van onderling goed aansluitende isolatiepanelen is ook een goede optie. En omdat de warmtestroom van de verliezen neerwaarts gericht is, kan hier met succes ook reflectie-isolatie worden ingezet (meerlaags luchtgevulde reflectiekussens). De bevestiging daarvan onder tegen de vloervelden is dan wel een aandachtspunt. Wanneer schade aan de vloervelden en dus ingrijpende restauratie aan de orde is, valt te overwegen om nieuwe isolerende vloertechniek in te zetten, waarna dan tevens vloerverwarming is toe te passen. Isolatie van het muurwerk waarop de vloeren dragen moet voorkomen dat er warmte richting maaiveld en gebouwplint blijft weglekken.



Wanneer reversibiliteit van de maatregel niet zwaar telt, is een steenachtige beganegrondvloer na goed reinigen van de vloeronderzijde, betrekkelijk eenvoudig te isoleren met een via spuiten op te brengen ca. 10 cm dikke kunststof-schuimlaag of andere te verspuiten isolatie., zoals links als monster getoond. Tevoren moeten alle voor aanpassing van de verwarming benodigde ingrepen in de vloer hebben plaatsgevonden. De convectorputten zijn met gunstig effect ook aan deze zijde mee te isoleren. Bij ingrijpende vloerrenovatie zijn in het middelste voorbeeld prefabbalken- en een EPS-broodjessysteem nieuwe beton-combinatievloeren geformeerd. In de afwerkvloer kan dan tevens een vloerverwarmingsnet worden opgenomen. Het warmtebeeld rechts laat zien dat er extra isolatie-aandacht moet zijn voor het stoppen van rest-warmteverlies via de funderings- of rompmuren, anders zal op maaiveldniveau, zoals hier, warmteverlies blijven spelen. © ejn

Gebouwschil: blinde geveldelen

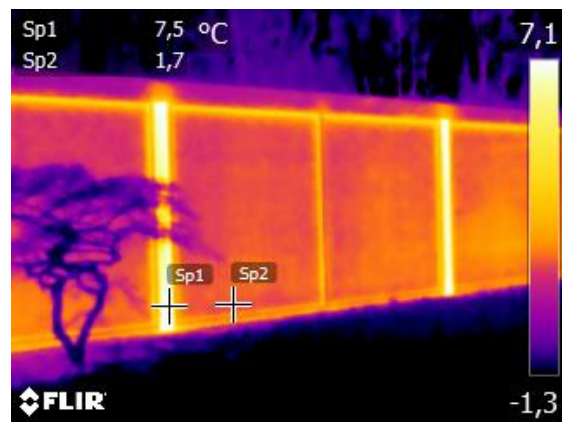
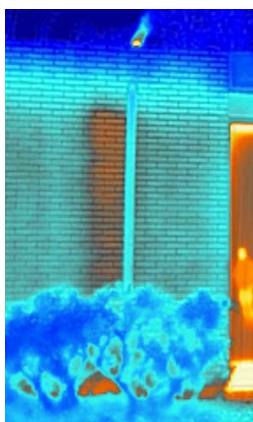
Vaak gebruikte Rietveld een zogenaamde 'kortgesloten spouwconstructie' voor het blinde muurwerk: een halfsteens buitenmuurblad in geglazuurde baksteen en een halfsteens binnenblad – vaak kalkzandsteen - met bij de aansluiting op de kozijnen massief metselwerk. De smalle spouw biedt tevens plek voor de hemelwaterafvoeren, die hij in het gevelbeeld wilde vermijden. Die afvoeren zijn meestal met vele, omdat de platte daken om architectonische redenen niet op afschot werden gelegd maar waterpas. Dat maakt dan regenwaterafvoer op veel plaatsen nodig. Bovendien is er vaak een ranke stalen draagconstructie waarvan de H-profiel kolommen in het muurwerk en bij de kozijnaansluitingen in het zicht zijn opgenomen. En dan zowel van binnen als van buiten in het zicht! Die stalen delen vormen in dat geval felle koudebruggen in de gebouwschil.



Hier is bij het rechter muurdeel te zien dat de dunne spouwmuur flink warmte doorlaat. Het vertrek achter het vergelijkbare muurdeel links van het midden werd niet verwarmd; daar is het blinde muurvlak dan ook koud. Terzijde wordt hier alvast gewezen op de grote hoeveelheid glas in de gevel en warmteverliezen daar. © ejn



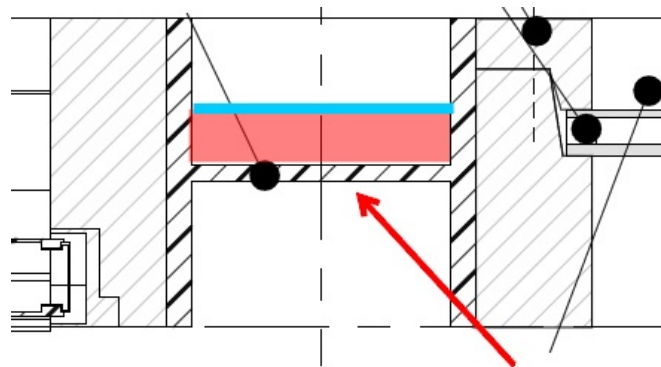
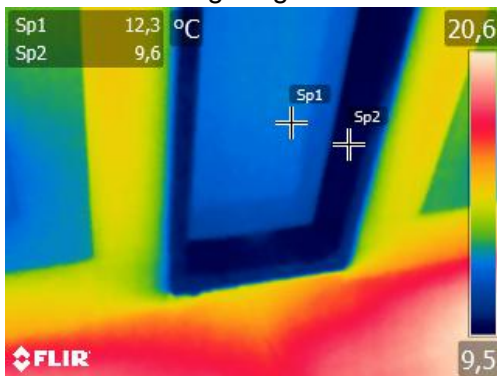
De vele standleidingen voor de HWA zijn in de plattegrondtekening met paarse stippen aangeduid. Rechts zien we er een in de spouw, tijdens de restauratie; Het kalkzandsteen binnenblad van de spouwmuur is ter plaatse van de regenpijp uitgenomen om lekkage te verhelpen. Beeld: vHA, bewerking © ejn.



Links is een oude-verstopte HWA in de muurspouw in beeld als 'warmtebrug' in het blinde muurwerk; de koude vervangende regenpijp buiten tegen de gevel zit er direct naast. Midden en rechts: de stalen H-kolommen in de gevel vormen een forse koudebrug in de gebouwschil, die zich naar buiten toe als warmte verlies-accnt manifesteert. © ejn

Aanpak van de warmteverliezen via de muurvlakken is lastig omdat noch binnen noch buiten gelegenheid zal bestaan om een isolatiepakket op te brengen. Meest realistische optie is om na goede inspectie – met endoscoop – van de spouwruiimte een reversibele vorm van inblaasisolatie toe te passen, bijvoorbeeld met een daarvoor gepatenteerd glasrecyclage-product. Als grootschaliger renovatie aan de orde is, kan er natuurlijk meer en is soms toepassing van isolerende achterzetwanden aan de binnenzijde een optie. Meestal zal dat echter om redenen van cultuurwaardenbehoud uitgesloten zijn.

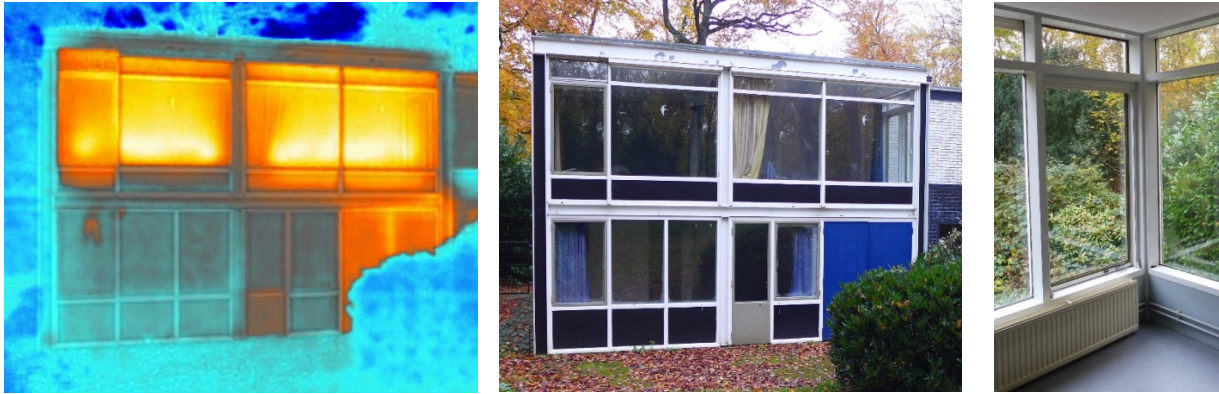
Met zeer hoogwaardig isolatiemateriaal op basis van aerogel kunnen de lijven van de stalen H-profielkolommen worden na-geïsoleerd, zonder veel beeldschade; de profieldiepte wordt dan alleen iets geringer.



H-stalen kolommen, van binnen opgenomen met de thermo-camera. De tekening toont het principe van de aerogel isolatie van het lijf van de kolommen. De profielflenzen blijven een forse koudebrug. © ejn en vHA.

Gebouwschil: vensters en buitendeuren

In de vele gevelpuien is over het algemeen van oudsher enkel glas aanwezig. In sommige gevallen zien we echter dubbelglas toegepast uit de bouwtijd. Dat is dan meer dan een halve eeuw oud en blijkens de warmtebeelden ook beslist niet meer effectief isolerend (vochtige lucht in de glasspouw). Vaak paste Rietveld schuifpuien toe om de gevelordonnatie met grote glasvlakken niet te hoeven onderbreken met tuindeuren. De kierdichting daarop is meestal gebrekkig (geworden). Voor de ingangspartijen zien we een voorkeur voor Wengé-gefineerde of in primaire kleur geschilderde vlakke deuren.



Veel verlies via het vele glas in de gevels en de dunne borstweringpanelen. Het gaat hier om oud dubbelglas. Doordat binnen tegen deze borstweringen de verwarmingsradiatoren – rechter foto – zijn geplaatst is er extra energieverlies. In de twee vertrekken beneden werd niet gestookt. De rechts daarvan gelegen garage is door o.a. warmtelekkege vanuit de CV-verdeelleidingen onnodig warm, zoals de dubbele deur (blauw) toont. © ejn



De voordeurpartij bestaat uit twee deurvleugels, geconstrueerd in latwerk, afgedekt met Wengé fineer. De warmteweerstand ervan is beperkt ($R = \text{ca. } 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$), zoals het linker warmtebeeld toont en er zijn rondom flinke kierverliezen, zoals bij het rechter beeld is te zien. © ejn

Aanpak van de verliezen via de gevelopeningen vraagt allereerst om zo hoogwaardig mogelijke glasisolatie. Herbeglazing met isolatieglas met een zo laag mogelijke U_g -waarde is daarbij het motto. Helaas blijken de glasmaten vaak te groot voor toepassing van vacuümglas, dat meestal tot maximaal $1,5 \times 2,5 \text{ m}$ leverbaar is. Daarmee zou een U_g -waarde van $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ haalbaar zijn. Het zal dus moeten gaan om hoogwaardig edelgasgevuld dubbelglas met infrarood-reflectiecoating.

Verder is goede kierdichting op deuren en schuifpuien nodig, wat door een bij voorkeur hierin te betrekken ERB-erkende aannemer en zijn timmerlieden vakkundig te verzorgen is.

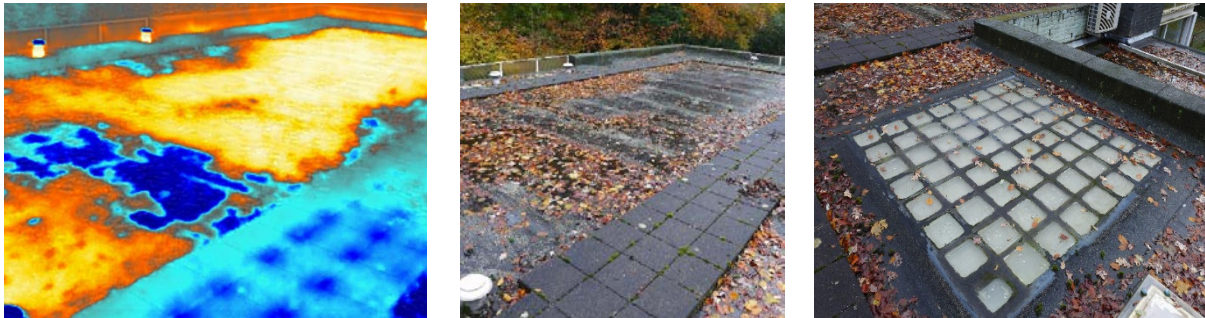
Gebouwschil: dakzone

Veel warmte verdwijnt bij dit type huizen via het dak. Dat komt enerzijds doordat de plafond-dakconstructie meestal rank is uitgevoerd in tamelijk eenvoudige opbouw (plafondvelden onder tegen de dakliggers, dakvloeren direct daarboven, soms met lichte ventilatie met

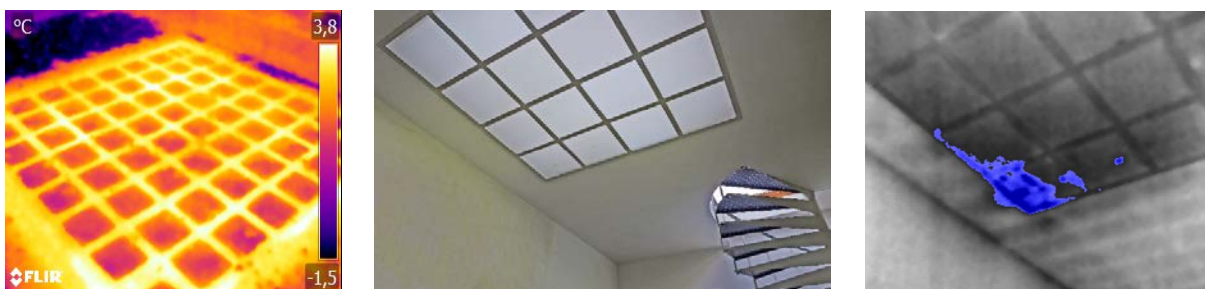
buitenlucht tussen de dakliggers. Ook komen vlakke betondaken voor. In beide gevallen is er van oudsher meestal sprake van geen of beperkte isolatie.

Doordat in de gevelarchitectuur de dakranden rank en slank zijn en moeten blijven is er niet veel ruimte voor toevoeging van dikke isolatie aan de buitenzijde. Binnen is dat om visuele redenen al helemaal uitgesloten en om bouwfysische redenen onwenselijk.

In de dakzone is ter plaatse van de inkomsthal van de huizen soms een daklicht aanwezig; dat is dan om architectonische redenen in of iets boven het dakoppervlak geplaatst. Meestal vormen deze daklichten een extra warmtelek en vaak ook een risico van vochtlekage.



Ondanks de recent gevallen regen bleek dit platte dak snel droog boven de verwarmde ruimten. De koude plek links midden is een plas regenwater; er is immers geen afschot. De drainatategels en de overige dakvlakken zijn half-vochtig, de enige reden waarom ze koud in beeld komen (en dus niet omdat zij een effectief isolatiepakket zouden vormen!). Rechts een in beton en glazen bouwstenen uitgevoerd daklicht boven de entreehal. © ejn

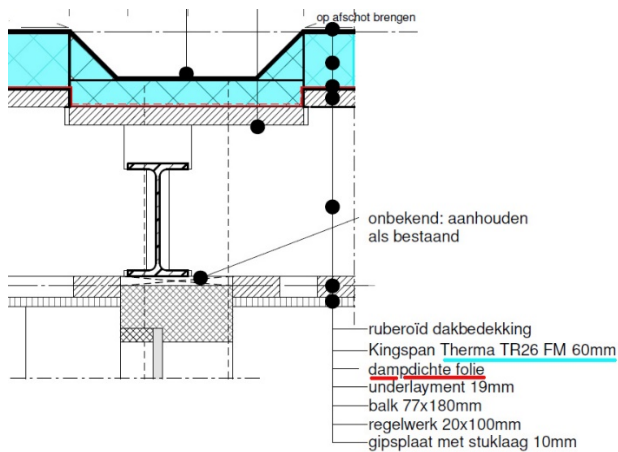


Het daklicht toont van buitenaf direct zijn warmtetransmissie en dus verliesgevende karakter. Van binnenuit is te zien dat het daklicht, dat in het plafondvlak een lichtstrooiend, leg-roederaam heeft, niet optimaal isolerend is. Verder toont de contrastrijke coldspot in het warmtebeeld bij de verste raamhoek dat hier water op delen van het legraam ligt, vermoedelijk als gevolg van lekkage. De lijnenstructuur in het warmtebeeld rechts wordt veroorzaakt door het tengel- en lattenstramien van het halplafond, uitgevoerd in stucwerk. © ejn

Ondanks de beperkingen voor extra toevoegingen onder of op het dak, lukt het vaak wel om met zeer goed isolerende – lage L-waarde! - isolatieschuimpanelen een warmdak- of omkeerdak isolatietechniek toe te passen. En bestaande daklichten kunnen, als zij niet te dicht bij de dakrand zijn gesitueerd, met succes en vanaf de omgeving onzichtbaar worden 'overkoepeld' met een dubbelwandig kunststof daklicht.

Meestal zal het nodig zijn om de bestaande dakhuid tot op het beschot volledig te rooien. De sterk verouderde staat van het dakleer is daar dan aanleiding voor. Een goed geïsoleerd – $R_c = \text{tenminste } 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ – warmdak met beter vormgegeven kinnen en verbeterde waterafvoer-vergaringen en dakconstructie-ventilatie is de meest passende verbeteroptie. Maar er kan ook worden gekozen voor een omkeerdakformule met licht geballaste isolatie op nieuw dakleer; dat is dan de minst ingrijpende aanpak.

Omdat in het vervolg van een verduurzamingsronde in veel gevallen ook opstelling van zonnepanelen (PV) aan de orde is, speelt tevens beloopbaarheid en geschiktheid voor opstelling daarvan op het dak een rol. Een warmdak is na isolatie feitelijk niet echt beloopbaar (risico van intrappen van de isolatieschuimpanelen en daarmee van lekkage). In dat geval is een omkeerdakformule veel praktischer, omdat dan een steenachtige ballastlaag als goed beloopbare toplaag aanwezig is. Een goed uitgevoerd warmdak is echter iets beter isolerend bij dezelfde opbouwdikte.



Links: restauratiedetail van dakisolatie volgens de warmdak formule, rechts een omkeerdak-isolatie in uitvoering. In beide gevallen wordt een R-waarde van 2,5 m²K/W bereikt. © ejn



Een toepasselijk en efficiënt licht omkeerdak-isolatiesysteem vormt een dek met lichte sandwichpanelen waarvan de isolatielaag met hol-en-dol op de langsrichting de panelen verbindt. De bovenlaag van de panelen wordt gevormd door een dun, glasvezel gewapend betondek, dat tevens als kleine ballastlaag functioneert. Een dergelijk isolatiesysteem vormt een ideale basis voor opstelling van PV. © ejn

Wanneer wij de bestaande en globaal te bereiken isolatiewaarden van de verschillende gebouwschildelen van het hier besproken type woonhuismonumenten bezien, dan wordt duidelijk hoe het komt dat zelfs na optimale vensterisolatie de beglazing toch het hoogste warmteverliespercentage houdt. Dat is het onvermijdelijk gevolg van de hoeveelheid daglicht die de ontwerper in het interieur wilde toelaten en de grenzen die er zijn aan het isolerend vermogen van isolatieglas. Waar alle andere gebouwschildelen tot een Rc van 2-3 m²K/W kunnen worden verbeterd, komt de beglazing niet verder dan ongeveer 1 m²K/W.

effecten van gebouwschilisolatie	ca. isolatiewaarden bestaande situatie		ca. isolatiewaarden na verduurzaming	
	Rc (m ² K/W)	U (W/m ² K)	Rc (m ² K/W)	U (W/m ² K)
schil-gedeelte				
vloervelden	0,5	1,5	2,5	0,43
blinde geveldelen	0,4	1,8	2	0,46
beglaasde delen	0,025	5	0,8	1
dakzone	0,4	1,8	3	0,3

In een volgende bijdrage lichten wij de installatiekant van de verduurzaming van dit specifieke soort monumenten toe.